



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00815842.8

[43] 公开日 2003 年 1 月 15 日

[11] 公开号 CN 1391688A

[22] 申请日 2000.9.26 [21] 申请号 00815842.8

[30] 优先权

[32] 1999.9.27 [33] GB [31] 9922654.0

[86] 国际申请 PCT/US00/26329 2000.9.26

[87] 国际公布 WO01/24575 英 2001.4.5

[85] 进入国家阶段日期 2002.5.17

[71] 申请人 杰贝尔合作有限责任公司

地址 美国特拉华

[72] 发明人 马文·杰贝尔

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商

标事务所

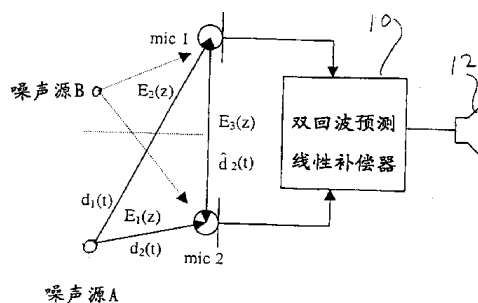
代理人 冯 谱

权利要求书 5 页 说明书 11 页 附图 7 页

[54] 发明名称 采用双话筒回声抵销的噪声抑制系统

[57] 摘要

主动噪声抑制系统是用在噪声的环境下,它包括了二个话筒噪声抑制系统。在二个话筒间的回波可以基本上被抵消或抑制。抵消噪声是使用第一和第二线性回波抵消器,它模拟在二个话筒间声波路径的延迟和传送特性,其第一作用是:噪声抑制系统作为一种听力保护器,基本上抵消全部或大部分被耳机二个话筒所收到的噪声,其第二作用是,本发明的噪声抑制系统可作为一种抑制噪声的通讯系统,允许带耳机的人听到语言信号而又抑制了背景噪声。



1. 在用第一、第二话筒收到声音讯号和用扬声器来产生声音讯号的通讯系统中，一种用来仰制从所说的第一、第二话筒收到的噪声的方法，这种方法包括：

从第一个话筒收到第一讯号；

从第二个话筒收到第二讯号；

在第一自适应滤波器中处理第一讯号来提供第一预测回波讯号；

从第一讯号中减去第一预测回波讯号提供了第一自适应滤波器控制信号，第一自适应滤波器对第一自适应滤波控制讯号有反应，来修改第一自适应滤波器的参数；

从第二讯号中减去第一预测回波讯号来提供第一混响讯号；

在第二自适应滤波器处理第二讯号来提供第二预测回波讯号；

从第二讯号中减去第二预测回声讯号来提供第二自适应滤波器控制信号，第二自适应滤波器对第二自适应滤波器控制讯号有反应来修改第二自适应滤波器的参数；

从第一讯号中减去第二预测回波讯号来提供第二混响讯号；

把第一混响讯号和第二混响讯号加起来形成一个给扬声器的输出信号；

这样从第一和第二话筒的噪音基本上被仰制了。

2. 根据权利要求 1 的方法，其中说明了在第一自适应滤波器中处理第一讯号提供第一预测回波讯号的步骤，更包括了延迟第一讯号的步骤即延迟第一信号的数值基本上等于从第二话筒到第一话筒间传送声波的时间延迟。

3. 根据权利要求 2 的方法，说明了在第一自适应滤波器中处理第一讯号来提供第一预测回波讯号的步骤，更包括了调整第一自适应滤波器，来获得与从第二话筒到第一话筒声波路径的基本相同转换特性的步骤。

4. 根据权利要求 3 的方法, 说明了在第二自适应滤波器中处理第二讯号来提供第二预测回波讯号的步骤, 更进一步包括了延迟第二讯号的步骤, 即延迟第二讯号的数值基本上等于第一话筒到第二话筒间声波传送的时间延迟。

5. 根据权利要求 4 的方法, 说明了在第二自适应滤波器中处理第二讯号来提供第二预测回波讯号的步骤, 更包括了调整第二自适应滤波器来从第一话筒到第二话筒声波路径的基本相同转换特性的步骤。

6. 根据权利要求 1 的方法, 更包括了检测语言的存在, 反应在第一、第二讯号中, 当检测到有语言时, 暂时停止第一、第二自适应滤波器的工作。

7. 在用第一、第二话筒来收到声音讯号和扬声器来产生声音讯号的通讯系统中, 一种用来仰制从第一和第二话筒收到的噪声的装置, 这种装置包括了:

从第一话筒收到第一讯号的装置;

从第二话筒收到第二讯号的装置;

在第一自适应滤波器中处理第一讯号来提供第一预测回波讯号的装置;

从第一讯号中减去第一预测回波讯号来提供第一自适应滤波器控制讯号的装置。第一自适应滤波器对第一自适应滤波器控制讯号有反应来修改第一自适应滤波器的参数;

从第二讯号中减去第一预测回波讯号来提供第一混响讯号的装置;

在第二自适应滤波器中处理第二讯号来提供第二预测回波讯号的装置;

从第二讯号中减去第二预测回波讯号来提供第二自适应滤波器控制讯号装置, 第二自适应滤波器对第二自适应滤波器控制信号有反应来修改第二自适应滤波器的参数;

从第一讯号中减去第二预测回波讯号来提供第二混响讯号的装

置;

相加第一混响讯号和第二混响讯号来形成扬声器输出信号的装置,其中从第一和第二话筒收到的噪声基本上被抑制了。

8. 根据权利要求 7 的装置,这些用在第一自适应滤波器来处理第一讯号以提供第一预测回波讯号的装置,更包括了延迟第一讯号,其数值基本上等于从第二话筒到第一话筒声波传送的时间延迟。

9. 根据权利要求 8 的装置,这些用在第一自适应滤波器来处理第一讯号以提供第一预测回波讯号的装置,更包括了调整第一自适应滤波器,使它变成从第二话筒到第一话筒的声波路径有基本相同的转移特性。

10. 根据权利要求 9 的装置,这些用在第二自适应滤波器来处理第二讯号以提供第二预测回波讯号的装置,更包括了延迟第二讯号,其数值基本等于从第一话筒到第二话筒声波传送的时间延迟。

11. 根据权利要求 10 的装置,这些用在第二自适应滤波器来处理第二讯号以提供第二预测回波讯号的装置,更包括了调整第二自适应滤波器使它与从第一话筒到第二话筒的声波路线有基本相同的转移特性。

12. 根据权利要求 7 的装置,更包括了检测对第一、第二讯号有反应语言存在的装置及当检测到语言时,暂时停止第一、第二自适应滤波器工作的装置。

13. 在有扬声器的通信系统中抑制噪声的一种装置,这种装置包括了:

第一话筒;

第二话筒;

第一自适应滤波器,含有输入端、输出端和控制端,这个输入端是联在第一话筒上;

第一加法器有第一和第二输入端和一个输出端,第一输入端联到第一自适应滤波器的输出端,第二输入端联到第一话筒和第一加法器的输出端联接第一自适应滤波器的控制端;

第二自适应滤波器，含有输入端、输出端和控制端，这个输入端是联在第二话筒上；

第二加法器，含有第一和第二输入端和一个输出端，第一输入端连接在第二自适应滤波器的输出端上，第二输入端联在第二话筒上，第二加法器的输出端连接在第二自适应滤波器的控制端上；

第三加法器含有第一和第二输入端和一个输出端，第三加法器的第一输入端连接于第一自适应滤波器的输出端上，第三加法器的第二个输入端联在第二话筒上；

第四加法器含有第一和第二输入端和一个输出端，第四加法器的第一输入端连接于第二自适应滤波器的输出端上，第四加法器的第二输入端连接在第一话筒上；

第五加法器含有第一和第二输入端和一个输出端，第五加法器的第一输入端连接在第三加法器的输出端上，第五加法器的第二输入端连接在第四加法器输出端上，第五加法器的输出端连接在扬声器上，其中从第一和第二话筒收到的声波噪声基本上被抑制了。

14. 根据权利要求 13 的装置，更包括了含有各自输入端和输出端的第一延迟元件，第一延迟元件的第一端联接第一话筒上，第一延迟元件的输出端连接在第一自适应滤波器的输入端上。

15. 根据权利要求 14 的装置，调节第一自适应滤波器使其与从第二话筒到第一话筒中声波路径有基本相同的转移特性。

16. 根据权利要求 15 的装置，更包括了含有各自的输入端和输出端的延迟元件，第二延迟元件的第一端联接在第一话筒上，第二延迟元件的输出端连接在第一自适应滤波器的输入端上。

17. 根据权利要求 16 的装置，调节第二自适应滤波器使其与从第一话筒到第二话筒的声波路径有基本相同的转移特性。

18. 根据权利要求 13 的装置，更包括了联到第一、第二话筒上的语言检测器，用来检测语言的存在。当检测到语言时，第一、第二自适应滤波器有反应时，可暂时停止第一和第二自适应滤波器的工作。

19. 根据权利要求 13 的装置，其中所述第五加法器的所述第一端通过一个第三自适应滤波器连接到所述第三加法器的输出，并且所述第五加法器的第二端通过一个第四自适应滤波器连接带所述第四加法器的输出。

## 采用双话筒回声抵销的噪声抑制系统

### 发明的领域:

本发明是有关声学装置，详细的说：本发明是在有噪声环境下抑制噪声的系统。

### 发明的背景:

在许多场合下存在着有害的噪声。譬如，工厂中的机器、飞机发动机、汽车交通等产生的噪声强度有损于听觉，干扰语言的交流。

有害噪声的主要组分是来自噪声源的直接声波  $d(t)$ 。有害噪声的第二组分是直接声波到反射面反射回来的回波，如建筑物的外墙或者内墙。在空旷的环境下，噪声主要是直接噪声。当在一般环境下，总是存在着从主要声源到达建筑物或墙面反射回来的回波，这个回波加在原来直接的噪声上。在有限的封闭环境下，同一个声波在内墙和室内物体的表面余产生多次回波  $r(t)$ 。话筒收到的噪声  $s(t)$  包括直接声波  $d(t)$  和由反射回来的多次反射波。

譬如在采矿工业中的一个主要问题是反射回响噪声，通常采矿是地下，在一个封闭的地点进行的，由基本匀质材料的反射墙围绕着，日常使用的强大的采矿设备产生着声音响声，在这种噪声环境下，使采矿工人语言交流非常困难，除此之外，直接噪声再加上从矿道表面的回响和矿道中采矿设备响声会导致很高的噪声强度，伤害工人的听觉，很多文献都记载着人长期暴露在高强噪声下有丧失听力的危险。

### 噪声的消除

人们已有了各种来降低噪声强度的装置，最直接的办法是围绕着噪声源放置消声板以减少声音强度，把这种消声板放在反射墙面和其他物体的前面，切断声波的路径，许多吸声材料可以消耗声能，把它转换成热能，某些消声板，在高频声源下很有效，但是，这些消声板体积巨大，在低频声源下并不有效，在某些工业企业中，如矿山采用

此种消声板是不切实用的。

另外有一种称谓主动消除噪声装置，用发射一种人造的声音来抵消有害的噪声以达到消除噪声的目的。主动消除噪声系统采用了一个话筒、一个放大器和一个扬声器，扬声器安置成能在一定区域内抵消噪声，一般是安置在操作人员附近的区域。话筒用来测量与来自远处直接噪声源有关的局部区域的噪声，放大器驱动了扬声器使之产生一种振幅相同、相位相反的声音来抵消局部区域的声音。虽用这种方法可以显著地减低声音，但是这只是在指定的区域内而在其他区域不能降低噪声。除此之外，这样的布局易于产生干涉声场，反令在其他区域中增加噪声强度。

上述系统的另一种形式是包括了一个第二话筒，放在接收噪声的地点，使第二话筒的输出是消除噪声的误差测量，用来调整在闭路循环系统中自适应滤波器的系数，更进一步减少在第二话筒接收到的噪声。

另一种主动消除噪声的系统是把话筒放在非常接近于噪声源旁，可以说是一个点声源。信号处理电路产生了一个相位相反的信号，这个信号以话筒及扬声器之间的距离来调整，这种系统局限用于单一频率发射的点声源，对由巨大振动的表面所产生的噪声，这种复杂的振动产生一组宽频带的噪声，因此工作效果并不理想。

另一种主动消除噪声系统采用了一对话筒和操作人员佩带的耳机，第一个话筒检测到背景噪声的讯号样本。第二个话筒放在离第一个话筒有一些距离处，从它检测到背景噪声的第二个讯号样本。为了消除噪声，通过一个自适应滤波器来处理从第二个话筒得到的讯号，且合成与从一个话筒得到的信号相位相反，处理过的从第二话筒中得到的讯号有助于抵消从一个话筒到达的噪声讯号，这样耳机主动减少了噪声进入人耳的强度，工人戴上这种耳在噪声区中起到了保护听力的作用，但是这种耳机阻止了工人听到警铃的声音，也阻止了工人之间的语言交流。

总而言之，上面所说的主动消除噪声系统在带有复杂回响构造对



较高的噪声背景环境下，特别是在有限的区间，如通常遇到的采矿工业，工作都不理想。

### 增强语言交流

消除噪声系统除了保护听力外，也用作通讯系统，帮助工人在噪声环境下听到讲话的讯号。降低噪声通讯系统从背景噪声合成讯号的成分中区分出想要听到的讲话成分。用消除减少背景噪声成分增高信噪比，从而提高了听到语言的质量。

有一种消除噪声系统采用了一对话筒连接到工人带的耳机上，第一个话筒（对人声）检测到第一讯号包括了想听到的语言加上背景中的噪声，第二个话筒（对噪声）放在离第一个话筒一定距离处，检测到讯号样本，包括了大部分的背景噪声和小部分想听到的语言讯号，从第二个话筒得到的讯号（背景噪声）在自适应滤波器中处理，减掉从第一个话筒得到的讯号（语言加上背景噪声），以此来减少或消除第一个信号中背景噪声的成分。

既然第二个话筒是放在离第一个话筒一定的距离处，背景噪声的讯号样本（在第二个话筒处）并不是与在到达第一个话筒的相同的背景噪声讯完全一样。自适应滤波器的功用是在补偿从第一个和第二个话筒到达的背景噪声的声波路径。

美国专利 5754665（授于 Hosoi）显示了一种采用二个话筒、二个自适应滤波器的双重消除噪声器，用于汽车中电话扬声器系统，第一个和第二个话筒分别放在靠近驾驶员和乘客处，当第一个话筒用于讲话，第二个话筒则用来收集噪声，反之亦然，采用第一个自适应滤波器可以得到降低噪声了的第一个语言讯号，当第二个话筒用作对话时，第一个话筒用来收集噪声，采用第二个自适应滤波器来得到降低噪声了的第一个语言讯号，这两个降低噪声的讯号加在一起组成了送出去的对话声音讯号。

### 发明的小结：

为了消除有害的噪声，必须准确估计要消除的噪声，在空旷的环境下，即噪声源可以近似地作为一个点源，二个话筒可以根据需要放

在足够远处，离每个话筒仍会收到一基本上相似估计的背景噪声，但是，在限定环境内由多种声波反射引起混响噪声，声场是非常复杂的。在这个环境中每一个点上有着非常不同的背景噪声信号，二个话筒放得越远，声场越是不相似，其结果是在限定环境内使用分得很开的话筒，想准确估计抵消的噪声是困难的。

如果把二个话筒移得很近，第二个话筒应该能较好估计想要消除的第一个话筒中的噪声，但是，如果把二个话筒放得很近，每个话筒会产生附加的回声，影响另一个话筒，这就是说：第一个话筒会像一个扬声器（声源），输送声场的回波，影响第二个话筒，同样地，第二个话筒也会像一个扬声器（声源），输送声场的回波，影响第一个话筒，所以，第一个话筒的讯号包括了背景噪声和背景噪声的反射的总和，这样就引起很差地估计想消除的噪声。

本发明体现双话筒的噪声抑制系统，其中二个话筒间回波实质上是抵消抑制了。从一个话筒到另一个话筒的混响是用第一和第二线性回波抵消了。每个线性回波的补偿器设计模拟二个话筒间声程延迟和传送特性。

本发明是概括在一副戴在人耳外的耳机中，这副耳机本身是模制单元，包括整体双话筒，电池，耳塞形扬声器及电子讯号处理，这种耳机容易戴带不会影响语言交流及实际工作。

第一部分，根据本发明的抑制噪声系统用来作为听力保护器，基本上全部或大部消除影响到耳机中话筒中的噪声。

第二部分，根据本发明的抑制噪声系统用来作为抑制噪声的通话系统，消除了背景噪声而使戴耳机的工人能听到语言讯号。

#### 附图的图解：

图 1 是表示使用本发明的双重回波预测线性补偿器的方块图。

图 2 是图画形式表示根据本发明似戴带在人耳的耳机，声场如何传到耳机。

图 3 是以图画形式表示在限定空间内回响噪声场。

图 4 是表示回响的声音如何经过不同路径到达本发明抑制噪声系

统的双话筒上。

图 5 和图 6 是表示本发明中的双话筒之间的回响。

图 7A 表示体现本发明的双回波线性补偿器的方块图。

图 7B 表示根据本发明的图 7A 所示的双回波线性补偿器的回声预测电路的方块图。

图 8 表示体现本发明第一部分的抑制噪声系统。

图 9 表示体现本发明第二部分的抑制噪声的通话系统。

图 10 是根据本发明第二实施方式的噪声抑制系统的替代方案。

具体说明:

图 1 是表示采用双话筒抑制噪声系统 (ANS) 的总方块图, 第一个话筒 MIC1 和第二个话筒 MIC2 并联在双回波预测线性补偿器 10 上 ANS 的概念是基于用另一个话筒来消除一个话筒的噪声, 如应用以前的技术, ANS 系统的电子部分 10 首先是采用模拟系统。这种系统体积太大, 无法安装在耳机中。

每个噪声源 A 或 B 发出不同的直接声波沿着不同的路径到达 MIC1 和 MIC2。从噪声源 A 到 MIC1 的声波路径用传递函数  $E_2(z)$  来表示。从噪声源 A 到 MIC2 的声波路径用传递函数  $E_1(z)$  来表示。在 MIC1 和 MIC2 之间的声波路径用传递函数  $E_3(z)$  来表示。

图 2 显示了本发明中采用的耳机 14。耳机 14 包含了一个耳塞扬声器 12, 塞在人耳 36 中, 耳机 14 中还包含了一对话筒, MIC1 和 MIC2 很接近地装在耳机 14 中从给定的声源 21 发出的声音经过直接路径 26 和 16 分别到达 MIC1 和 MIC2 中, 从声源 21 来的声波也经过各种反射路径到达 MIC1, 特别是声波 28 从附近墙面 23 反射声波 30 到达 MIC1。此外, 声波 32 从附近的墙面 23 反射波 34 到达 MIC1。

对 MIC2 来讲, 从声源 21 来的声波也经过各种路径到达, 特别是声波 22 从附近墙面 23 的反射波 24 达到 MIC2, 另外一个声波 20 是从不同的方向到达 MIC2, 即由声波 18 在对面墙面 25 反射回来。这样, 在 MIC1 和 MIC2 上的声场包括了由原来的声音和许多回波组成的复杂的混声。

图 3 更进一步表示了有限空间内的情况，声源 40 包括直接路径 44 和许多反射路径，像 46A、46B、48A、48B 和 50，这称为混响噪声。

图 4 表示了耳机中话筒的相互关系，为简单起见，图 4 简单地表示图 1 中所示的模型，其中 MIC1 作为一个回波源发生器传送讯号到 MIC2 中，这二个话筒 MIC1 和 MIC2 固定在相同轴线 72 上，在耳机的每一边，垂直于耳机的直接路径 70。

在均匀的介质中，每个话筒会收到回响声音，声波 64 在附近墙面 53 反射出来以反射声波 68 到达 MIC1，它有助于抵消声波 60 从附近墙面 55 反射声波 62 到达 MIC1。同样，声波 52 从附近墙面 53 以反射声波 54 到达 MIC2，它有助于抵消声波 56 从附近墙面 55 上反射声波 58 到达 MIC2。除了沿着从 MIC1 到 MIC2 回声路径的混响声波  $r_3(t)$  外，所有的在每一个话筒上的混响声波趋于相互抵消。从 MIC1 收到的混响声波  $r_3(t)$  与从 MIC2 收到的混响声波  $-r_3(t)$  是反相的。

取决于噪声源 51，由每个话筒上收到的混响声波与另一个话筒的延迟模式，在一个话筒上的直接声波  $d_1(t)$  会是另一个话筒上直接声波  $d_2(t)$  的延迟模式。如果噪声源 51 位于沿着垂直轴线 70，在二个话筒间等距离，即  $d_1(t) = d_2(t)$ ，直接从声源收到的直接声波会实际上相似。

图 5 和图 6 简单地表示了多种回声，在图 5 中，MIC2 作为回波声源发生器 512 输送噪声讯号  $\hat{d}_2(t)$  到 MIC1 中。在图 6 中过程恰相反，MIC1 作为回波源发生器，输送噪声讯号  $\hat{d}_1(t)$  到 MIC2 中。线性回波消除器是用来重置通过内部话筒声波路径（图 1 中  $E_3$ ）的噪声讯号。

已经说明过了，从 MIC2 中收到的噪声包含了从 MIC1 中的回波，反之亦然，与回波消除器所起的作用相似，图 5 中的  $s_1(t)$  有一种被抵消的限度，即用估计的  $d_2(t)$  来抵消  $\hat{d}_2(t)$  ( $d_2(t)$  延迟模式，包括某些回响) 所以噪声抑制器 (ANS) 和线性回声消除器 (LEC) 都有同样的问题来找出最佳估计从话筒到话筒的回波路径  $E_3$  (见图 1)

图 7A 表示在本发明中用一对线性回声消除器的噪声抑制系统，

MIC1 联到第一回波预测自适应滤波器 710 和第一个加法器 712。MIC2 联到第二个回波预测自适应滤波器 714 和第二个加法器 718。用第一个加法器 712 的输出从  $s_1(t)$  中减去预测的噪声  $\hat{d}_2(t)$ ，用第二个加法器 718 输出从  $s_2(t)$  中减去预测的噪声  $\hat{d}_1(t)$ ，在第一个加法器 712 和第二个加法器 718 各自的输出由剩余误差项叠加在加法器 716 上，驱动输出扬声器 717。用适当的 A/D 转换器（图上未画出）在以 48KHz 的取样速率的脉冲调制话筒。

图 7B 更进一步表示回波预测滤波器 710 和 714。每一个回波预测滤波器收到输入讯号  $s(t)$  并减去（在加法器 726 中）输入讯号  $s(t)$  的延迟滤波器 724 模式  $p(t)$ 。延迟 722 是选择到在 MIC1 和 MIC2 间声波延迟相等。用自适应滤波器 724 来得到输入讯号的滤波模式，延迟和滤波过的讯号  $p(t)$  在加法器 726 中减去（用符号加法来减去）其差是误差讯号  $e(t)$  用来调整自适应滤波器 724 的系数。在收敛时，为了产生预测的噪声界限  $\hat{d}_2(t)$ ，自适应滤波器 724 模拟了在 MIC1 和 MIC2 之间声波路径的转换函数  $E_3$ 。

众所周知自适应滤波在许多讯号处理应用中是很有用的技术。自适应滤波器通常用在闭环系统，在此系统中某些测量误差（误差项）可减至很小。自适应滤波器有一个输入，一个输出端和一个误差端。自适应滤波器内部应用了一种合适的算法（对误差输入有反应）来调整自适应滤波器的参数以减少误差项。

滤波了的最小均方误差（LMS）算法是常用的方法来适应一个滤波器 LMS 算法既简单又健全，在很多应用中被广泛采用，自适应滤波器典型地包含了一种有限脉冲反应（FIR）滤波器，使用有可调滤波器系数数字分头迟线 LMS 算法是用在误差输入中调整滤波器系数的数值。在本发明中把自适应滤波器用在闭路反馈系统中调整自适应滤波器来模拟 MIC1 和 MIC2 之间的声波路径的特性，从这种意义来讲，图 7 中各半个实施就像电话线回声消除器，这种消除器补偿了电话听筒中送话声和受话器之间声音路径的耦合。

在图 7 工作中，自适应滤波器 710 的参数是设在一个最初的估计，

在某种程度上来讲，自适应滤波器 710 的输出并不等于同一讯号的延迟值，719 输出的误差项  $e_1(t)$  反馈来调整自适应滤波器 710。经过连续的迭代后，自适应滤波器 710 的参数被调整了，这样就减少了输出 719 的误差项。

同样自适应滤波器 714 也设在一个最初的估计上，在某种程度上来讲自适应滤波器 714 的输出并不等于同一讯号的延迟值，用 720 输出的误差项  $e_1(t)$  反馈来调整自适应滤波器 714。经过连续的迭代后，自适应滤波器 714 的参数被调整了，这样就减少了输出 720 的误差项。

每个话筒 MIC1、MIC2 的信号各自适应滤波器来产生一个仿形的回波称为  $d(t)$ ，它是减掉了从其他话筒讯号（包括回波）如图所示回波消除器采用了传到了自适应滤波器的参考讯号（分头延迟路线）来产生一个仿形回波。在收敛上自适应滤波器转换函数作用是与二个话筒的回波洛经是相同的。

系统收敛和稳定取决于两路回波消除器的稳定性，选择步级尺寸参数  $\mu$  的数值（用在已知的 LMS 算法中）对稳定性是重要的，LEC 算法的收敛足够条件是：

$$0 < \mu < 2(20) / (\lambda_{\max}(R_{xx}))$$

式中  $\lambda_{\max}$  是自动调整矩阵的最大特征值。

图 7 的系统倾向于不分青红皂白地消除所有的噪声，包括不需要的声音（背景噪声）和需要的声音（讲话），对任何需要的干扰（即讲话）采用了讲话检测器（图上未画出）。

发明的另一部分

在图 8 中，另一种消除每个话筒回声路径是采用双重预测电路来预测回声  $p_1(n)$  和  $p_2(n)$ ，特别的是延迟元件 812，自适应滤波器 814 和加法器 816 组成了第一个预测电路，来预测从 MIC1 来的  $p_1(n)$ （通过数字—模拟变换器 810），同样延迟元件 822，自适应滤波器 824 和加法器 826 组成了第二个预测电路，来预测从 MIC2 来的  $p_2(n)$ （通过数字—模拟变换器 820），输出是由加法器 818、828 和 830 组成，

通过一种数字——模拟变换器 832 驱动扬声器 833。

为了预测 MIC2 收到 MIC1 的回波，MIC1 讯号延迟 812 的值自适应滤波器 814 来处理，从 MIC1 的讯号减去 816，调整延迟 812 相等于 MIC1 和 MIC2 间的声音的延迟，在收敛上调整了自适应滤波器 814 的参数，这样可模拟 MIC2 和 MIC1 之间声路径的特征，一旦从每个话筒中获得回波的预测数值，各个回波声  $p_1(n)$  和  $p_2(n)$ ，从另一个话筒收到的讯号  $s_2(n)$   $s_1(n)$  减去 828，818 特别是，在 MIC1 中预测的 MIC2 回波  $p_1(n)$  的数值从 MIC2 讯号中减去 828，同样，MIC2 中预测的 MIC1 回波声  $p_2(n)$  的数值从 MIC1 讯号中减去 818。

在操作上，A/D 转换器 810 把从 MIC1 来的讯号转换成数字形式，随后在延迟元件 812 上延迟。在延迟 812 上预置值是话筒 MIC1 和话筒 MIC2 之间距离的函数。把延迟值设在等于声波在 MIC1 和 MIC2 间经过的时间，从 MIC1 的延迟信号是由自适应滤波器 814 来处理，它模拟从 MIC1 到 MIC2 传声路线的转移特性，自适应滤波器 814 的输出从 MIC1 信号减去 816（使用符号加法常规来减去）。在某种程度上，误差  $e_1(n)$  并不在加法器 816 的输出上等于零。使用 LMS 算法，可调整自适应滤波器 814 的系数。在收敛上，自适应滤波器 814 的输出是  $p_1(n)$ ，是在 MIC2 从 MIC1 中收到的回波的预测（延迟）形式。

从 MIC1 中回波的预测值  $p_1(n)$  要减掉从 MIC2 在加法器 828 中的讯号（使用符号加法常规来减去）。用这种方法，从 MIC1 到达的在 MIC2 的预测回波减去（抵消）从 MIC2 来的讯号，显现在加法器 828 的输出上。

第二个预测电路的操作是相似的。特别是 A/D 变换器 820 变成把从 MIC2 来的讯号成数字形式，它随后在延迟元件 822 上延迟，延迟 822 的预置值亦是话筒 MIC1 和话筒 MIC2 之间距离的函数，调整到与延迟 812 相同的延迟数值。从 MIC2 来的延迟讯号在自适应滤波器 824 上处理，它模拟从 MIC2 到 MIC1 声波路径的转换特征，自适应滤波器 824 的输出从 MIC2 讯号上减去 826（使用符号加法常规来减去），从某种程度上来讲，误差  $e_2(n)$  在加法器 826 输出上不等于零，使用 LMS 算法来调整自适应滤波器 824 的系数，在收敛上，自适应滤波器 824

的输出是从 MIC2 接收到的 MIC1 回波的预测（延迟）形式。

从 MIC2 中回波的预测值  $p_2(n)$  曾减掉从 MIC1 在加法器 818 中的讯号（使用符号加法常规来减去），用这种方法，从 MIC2 到达的在 MIC1 的预测回波会减去（抵消）从 MIC1 来的信号，显现在加法器 818 的输出上。

加法器 818 和 828 的输出总和在加法器 830 上，但成一个输出信号，驱动扬声器 833。图 8 的电路是一种仰制噪声系统，主要用在听力保护上所有噪声基本上会被消除。

#### 语言交流系统：

图 9 和图 10 表示另一种噪声仰制系统，它允许在仰制背景噪声情况下而又能听到讲话讯号，仰制噪声部分是类似于图 8 所示的仰制噪声系统，它由一对预测电路和一对加法器所组成。特别的是，图 9 中各个 A/D 转换器 910、920，延迟元件 912、924，自适应滤波器 914、924 和加法器 916、926、918、928 是相互连接的，其工作方式与图 8 中相应的 A/D 转换器 810、820，延迟元件 812、824，自适应滤波器 814、824 和加法器 816、826、818、828 相同。只要语言探测器 913 没有探测到语言，这个仰制噪声系统是自适应的。当语言不存在时，各自的与门 940A、940B 连接各自加法器 916、926 的误差讯号输出去修改自适应滤波器 914、924 的系数。

加法器 918、928 的输出连接到语言处理器的输入。语言处理器由二个自适应滤波器 930、933，加法器 932、936、934 和与门 940、942 所组成。在图 9 中，在加法器 934 中组合处理的语言讯号之前，语言处理器在独立的自适应滤波器 930，933 中调节语言。图 10 表示语言处理器的一个替代的实施例。在图 10 中，自适应滤波器 930，933 是相互关联的。尤其是，通过将加法器 928 的输出连接到加法器 932（图 10）的输入，而不是加法器 936（图 9）的输入，而将自适应滤波器 930，933 交叉耦合。同样，在图 10 中通过将加法器 918 连接到加法器 936（图 10）的输入而不是加法器 932 的输入，而将自适应滤波器 930，933 交叉耦合。

联接到 MIC1 和 MIC2 的语言检测器 913，当在背景噪声中有语言存在时会有指示。语言检测器 913 的实现有许多技术可用，包括频谱



分析法或时畴分析法。

加法器 918 的输出联接到第一个自适应滤波器 930 和第一个加法器 932, 加法器 928 的输出是联接到第二个自适应滤波器 933 和第二个加法器 936。第一个加法器的输出用作误差项  $e_4$  去调整第二个自适应滤波器 933, 通过与门 942。与门 942 的另一输入是联接到表示语言出现的讯号, 第二个加法器 932 的输出用作误差项  $e_3$  来调整第一个自适应滤波器 930 的参数, 通过与门 940。与门 940 的另一输入是接到表示语言出现的讯号处。

第一个和第二个加法器 936、932 的各自输出端的剩余误差项  $e_3$  和  $e_4$  是在加法器 934 相减, 以驱动输出扬声器 938。语言处理器放大了由二个加法器 932、936 输出之差 ( $e_3 - e_4$ ), 作为合成语言讯号。合适的数字讯号去模拟转换器能换成加法器 934 的输出, 去驱动扬声器 938。

在工作时, 当语言不存在时, 与门 940、940A、942、942A 允许各自的自适应滤波器 930、914、933、924 使用各自的误差讯号来修改各自的系数。自适应滤波器 930、914、933、924 连续地调整把所有声音作为噪声来抵消。其结果, 电路的工作消除了输入噪声。但是, 为了不要消除所希望听到的语言讯号, 与门 940、940A、942、942A 对从语言检测器 913 来的出现语言情况有反应, 此时, 取消了修改误差的作用, 换句话说, 当语言出现时, 自适应滤波器是停止做工了, 不会再来抵消所希望的语言讯号。

当检测到语言时, 与门 940、940A、942、942A 强迫自适应滤波器 930、914、933、924 停止修改各自适应的滤波系数, 保持了计算的数值等于在检测到语言前刚刚计算的数值, 在自适应滤波器系数“冻结”下, 后来的语言作为误差信号。假定, 背景噪声在语言出现时, 实质上有改变。从 D/A 转换器到扬声器 938 输出的这个系统基本上等于消除了背景噪声的语言输入信号。

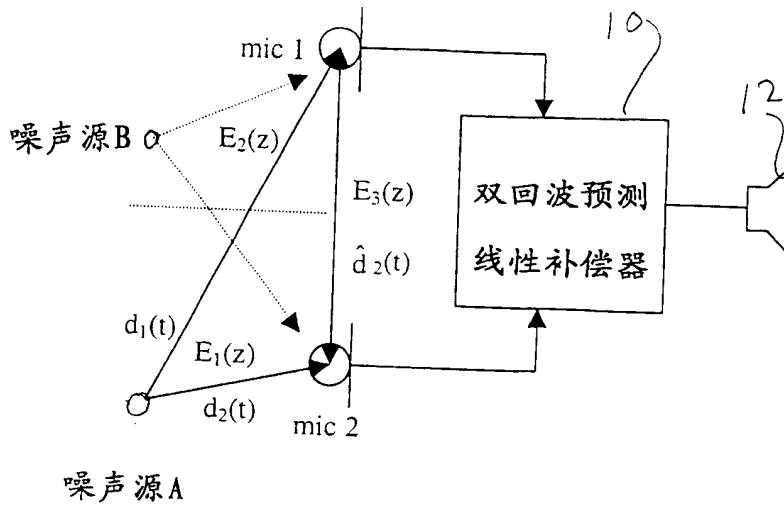


图1

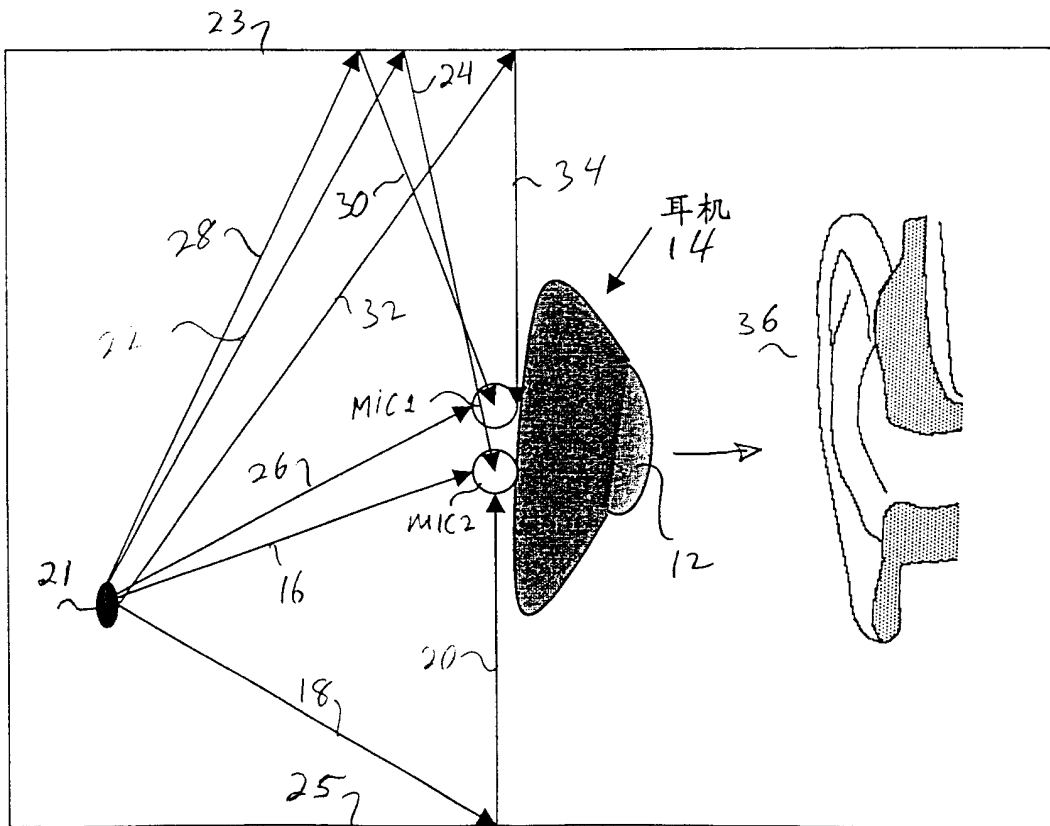


图2

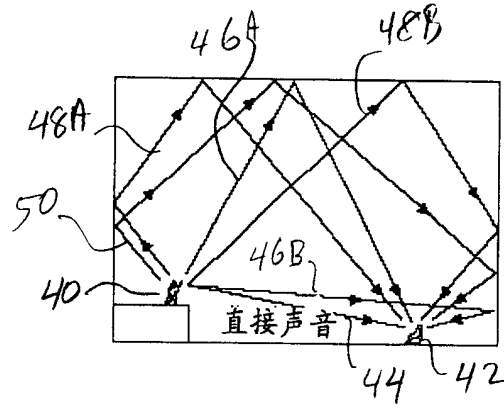


图3

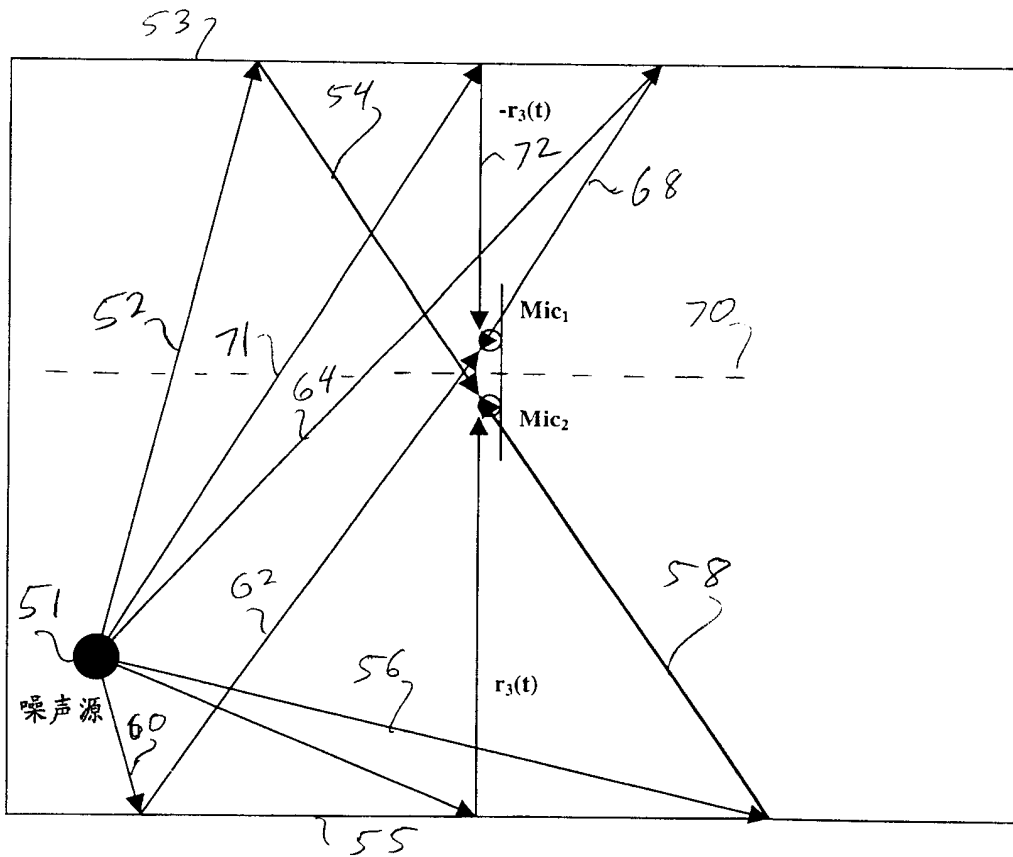


图4

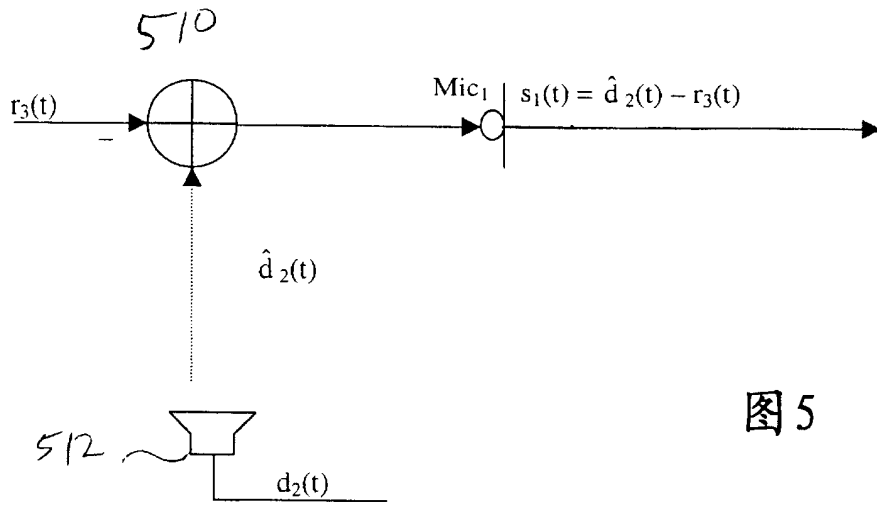


图 5

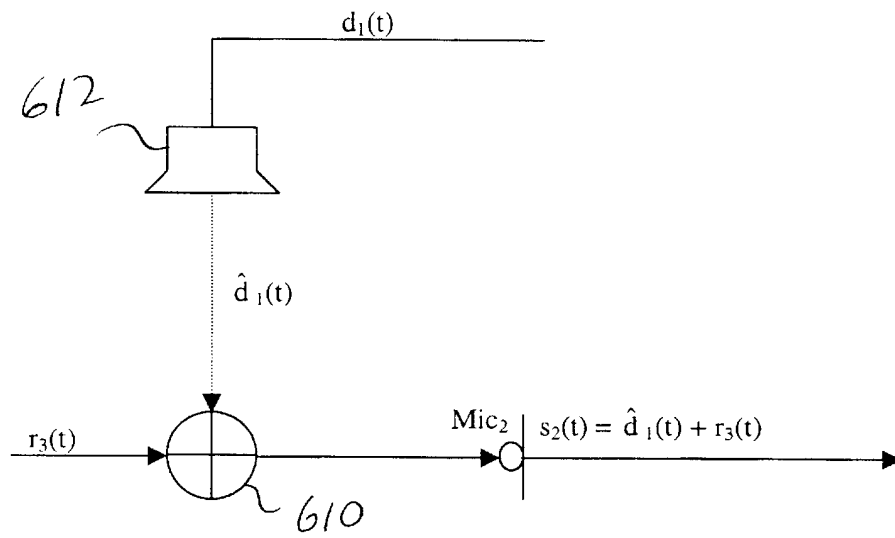


图 6

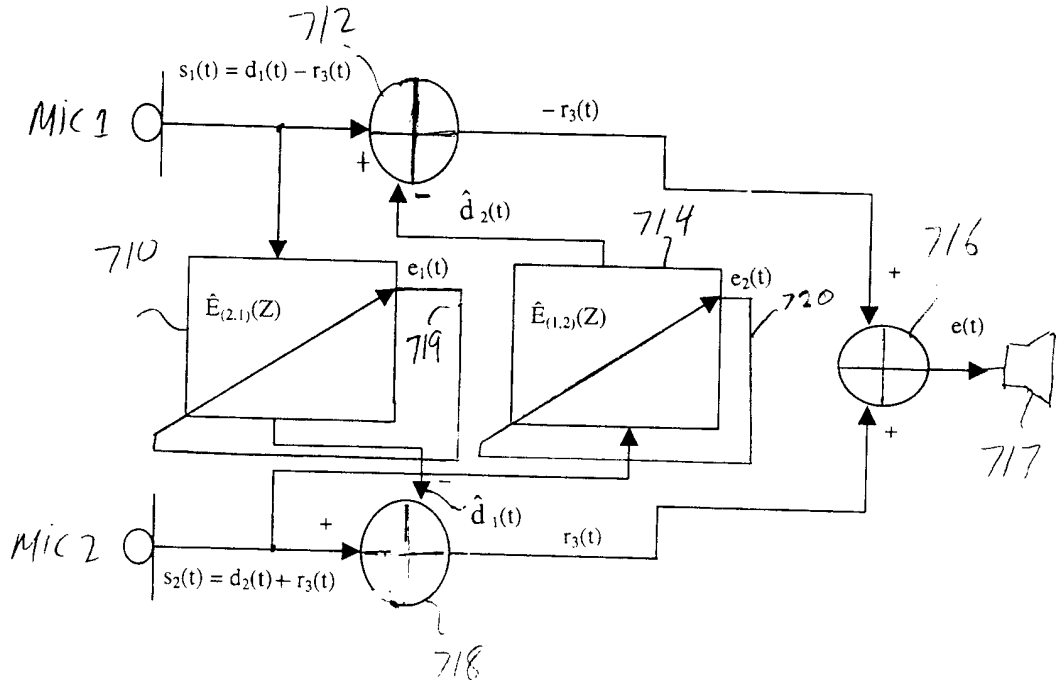


图 7A

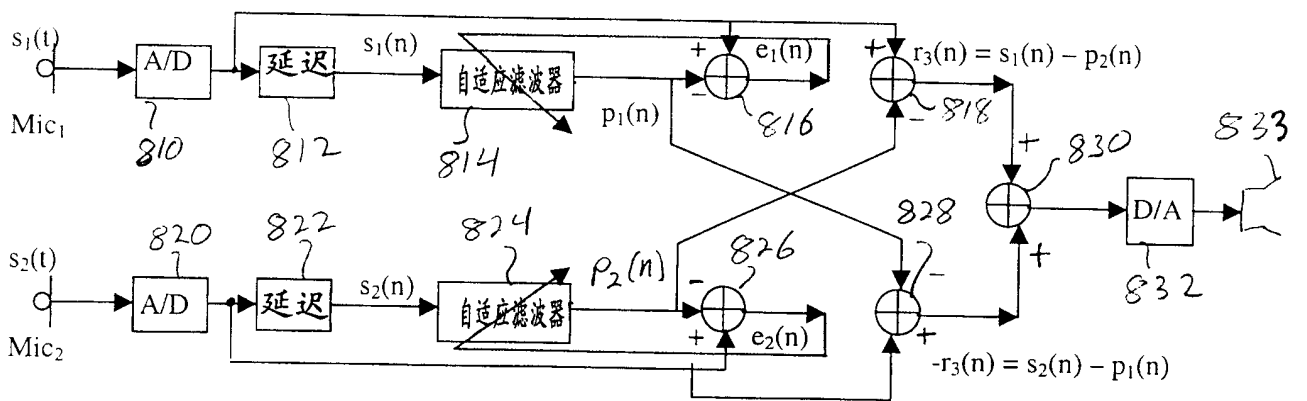


图 8

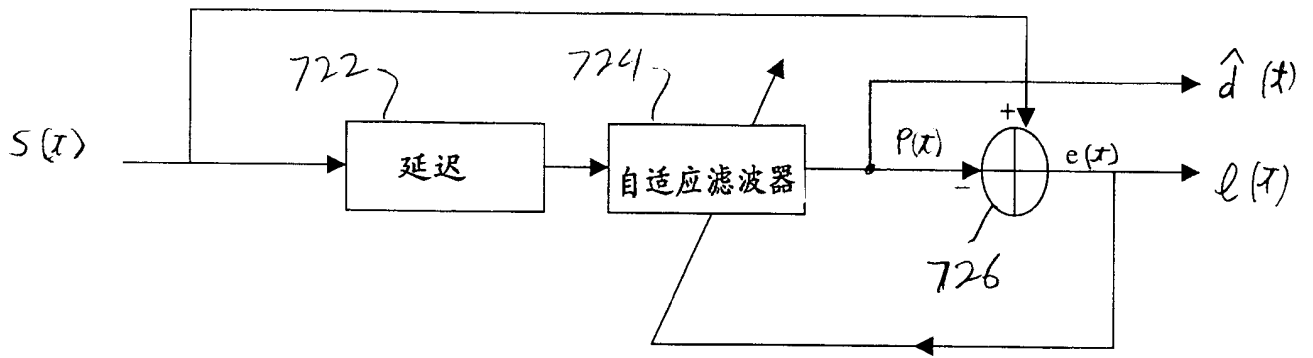


图 7B

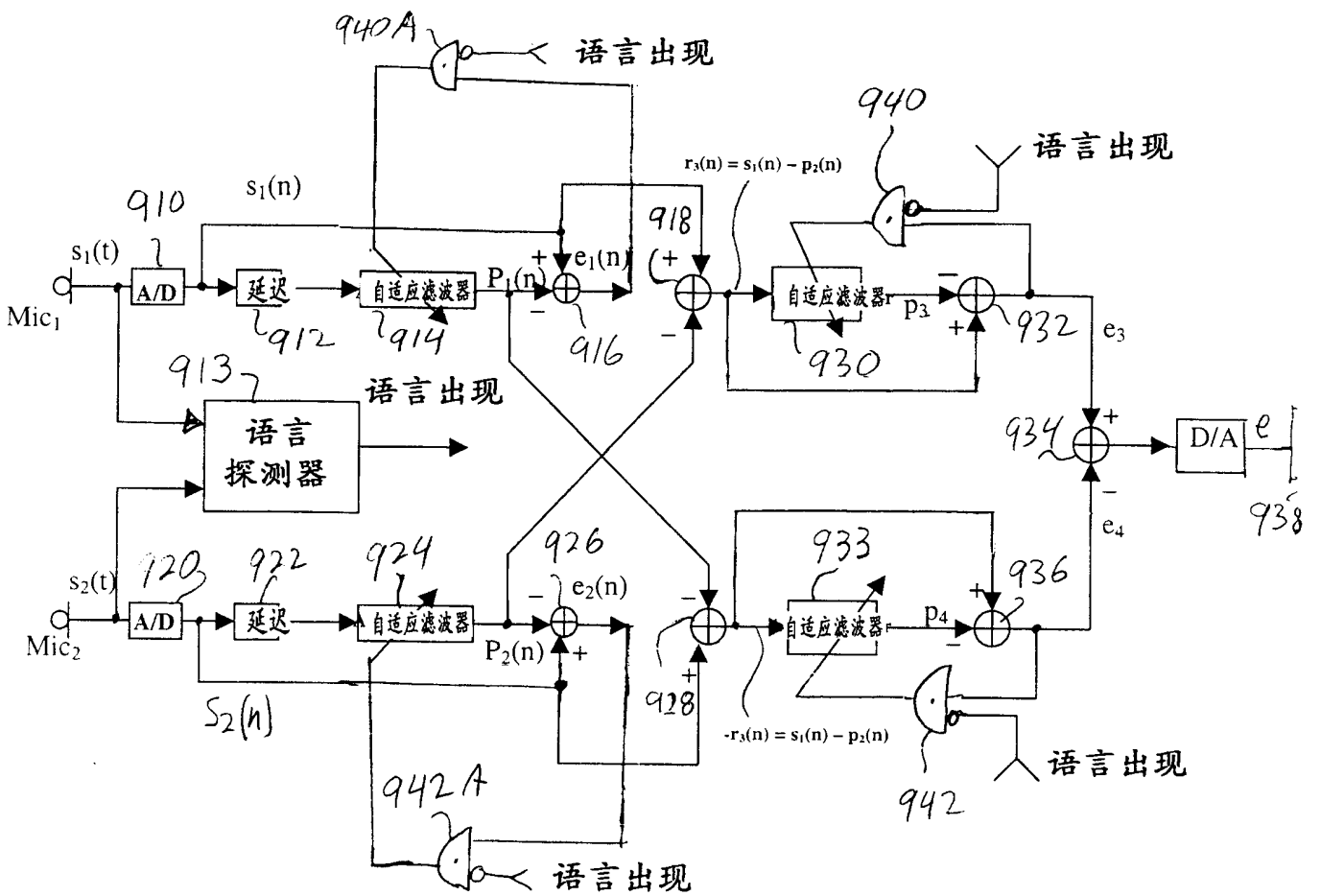


图9

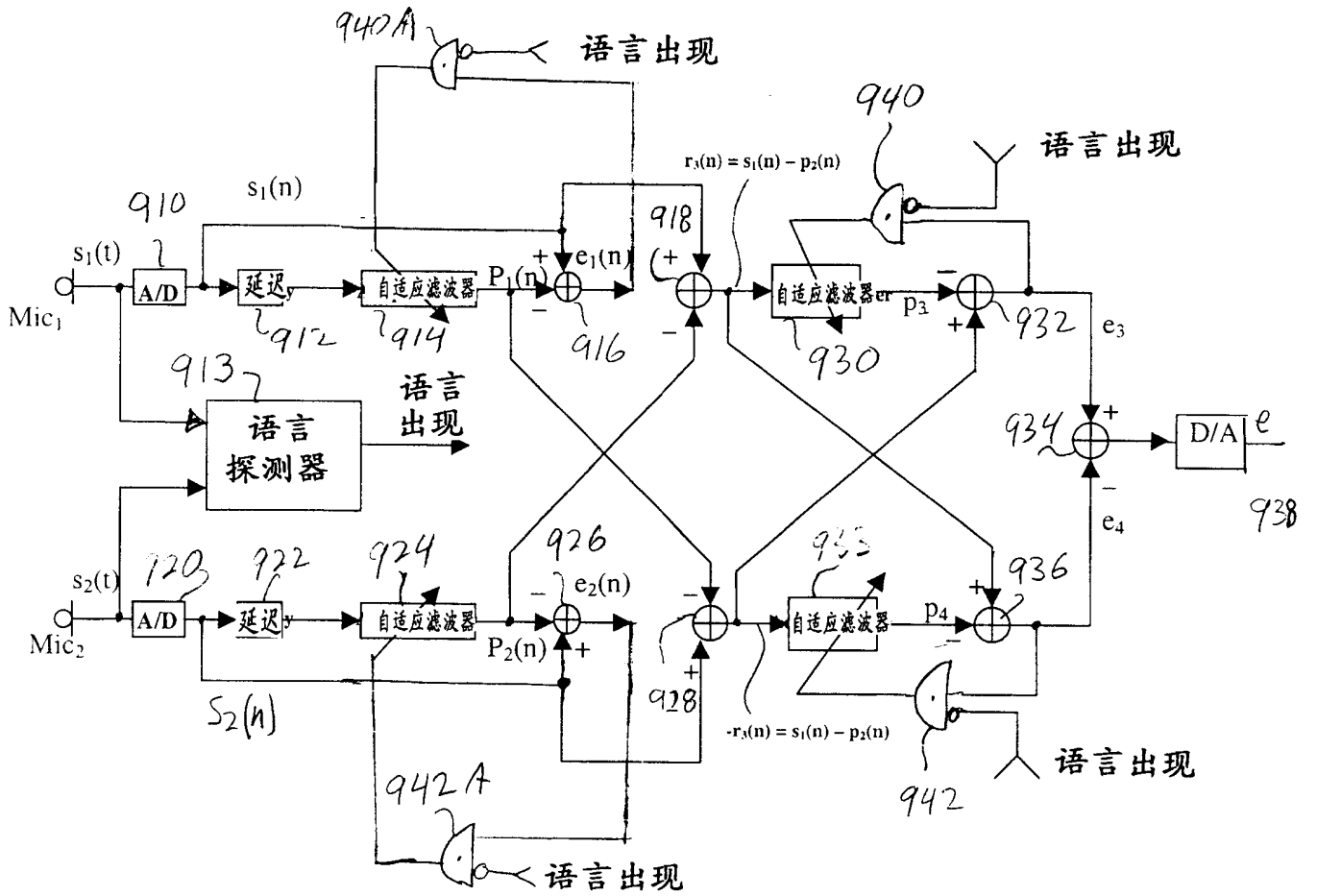


图 10